

RECORDING POWER CONTROL METHOD OF MAGNETO-OPTICAL DISK AND MAGNETO-OPTICAL DISK DEVICE

Publication number: JP11025538

Publication date: 1999-01-29

Inventor: KUREBAYASHI MASAOKI; TANAKA YASUTO; MAEDA TAKESHI; WATANABE HITOSHI

Applicant: HITACHI LTD; HITACHI MAXELL

Classification:

- International: G11B11/10; G11B7/00; G11B7/0045; G11B7/125; G11B11/105; G11B7/00; G11B7/125; G11B11/00; (IPC1-7): G11B11/10; G11B7/00; G11B7/125; G11B11/10

- european:

Application number: JP19970181993 19970708

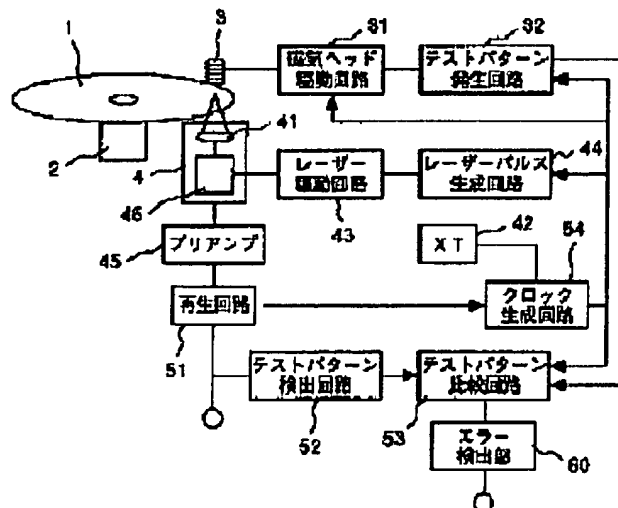
Priority number(s): JP19970181993 19970708

Report a data error here

Abstract of JP11025538

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a recording power control method of a magneto-optical disk for recording data in high density by detecting optimum power due to different mark widths in the track widthwise direction.

SOLUTION: This method is to steadily irradiate the magneto-optical disk 1 with a laser beam converged into a minute area by using a lens 41 and to record the area irradiated with this laser beam in switching an external magnetic field by a magnetic head 3 so as to change its magnetizing directions in accordance with recording information. A part of this magneto-optical disk 1 is provided with a trial write area for optimizing a recording condition in order to optimally control the recording power of the magneto-optical disk 1, and test recording is performed in this trial write area by using at least two continuous tracks. Afterward, a signal recorded in this first track is reproduced by a reproducing circuit 51, and this signal is evaluated by an error detector 60 to determine the optimum power of the disk.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-025538

(43)Date of publication of application : 29.01.1999

(51)Int.Cl.

G11B 11/10
G11B 11/10
G11B 7/00
G11B 7/125

(21)Application number : 09-181993

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI MAXELL LTD

(22)Date of filing : 08.07.1997

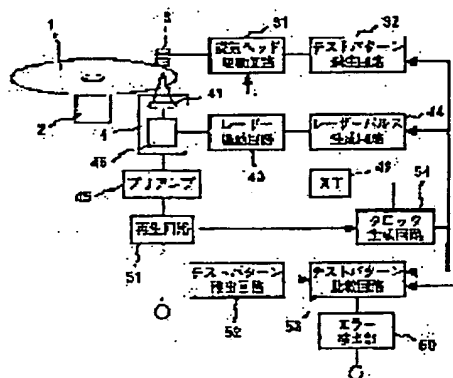
(72)Inventor : KUREBAYASHI MASAOKI
TANAKA YASUTO
MAEDA TAKESHI
WATANABE HITOSHI

(54) RECORDING POWER CONTROL METHOD OF MAGNETO-OPTICAL DISK AND MAGNETO-OPTICAL DISK DEVICE

(57)Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a recording power control method of a magneto-optical disk for recording data in high density by detecting optimum power due to different mark widths in the track widthwise direction.

SOLUTION: This method is to steadily irradiate the magneto-optical disk 1 with a laser beam converged into a minute area by using a lens 41 and to record the area irradiated with this laser beam in switching an external magnetic field by a magnetic head 3 so as to change its magnetizing directions in accordance with recording information. A part of this magneto-optical disk 1 is provided with a trial write area for optimizing a recording condition in order to optimally control the recording power of the magneto-optical disk 1, and test recording is performed in this trial write area by using at least two continuous tracks. Afterward, a signal recorded in this first track is reproduced by a reproducing circuit 51, and this signal is evaluated by an error detector 60 to determine the optimum power of the disk.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.04.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 01.04.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-25538

(43)公開日 平成11年(1999)1月29日

(51)Int.Cl.⁶

G11B 11/10

識別記号

581

551

F I

G11B 11/10

581E

551C

7/00

7/125

7/00

7/125

M

C

審査請求 未請求 請求項の数20 OL (全 14 頁)

(21)出願番号

特願平9-181933

(22)出願日

平成9年(1997)7月8日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000005810

日立マクセル株式会社

大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号

(72)発明者 榊林 正明

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所マルチメディアシステム開

発本部内

(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

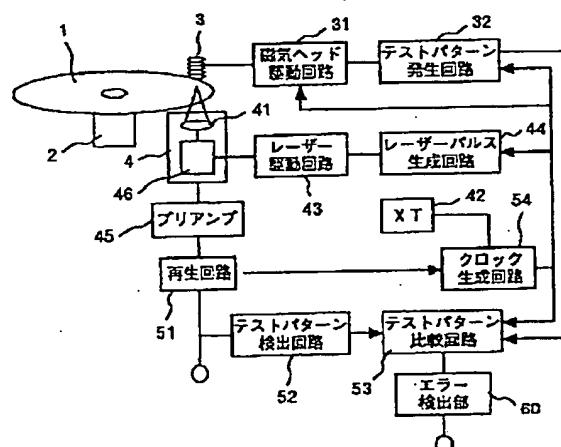
(54)【発明の名称】 光磁気ディスクの記録パワー制御方法及び光磁気ディスク装置

(57)【要約】

【課題】 トラック幅方向のマーク幅の違いによる最適パワーを検出し、高密度でデータを記録する光磁気ディスクの記録パワー制御方法を提供する。

【解決手段】 レーザービームをレンズ41を用いて微小領域に絞り込んで光磁気ディスク1上に定常的に照射し、このレーザービームを照射している領域に、記録情報に応じて磁気ヘッド3により外部磁界をスイッチングしながら、その磁化方向を切り換えて記録する光磁気ディスクにおいて、光磁気ディスクの記録パワーを最適に制御するため、光磁気ディスク1の一部に記録条件を最適化するための試し書き領域を設け、この試し書き領域において、少なくとも連続した2トラックを用いてテスト記録を行い、その後、この最初のトラックに記録した信号を再生回路51により再生し、この信号をエラー検出器60によって評価することにより、ディスクの最適パワーを決定する。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録装置によりレーザービームをレンズを用いて微小領域に絞り込んでディスク上に定常的に照射し、前記レーザービームを照射している領域に、記録情報に応じて外部磁界をスイッチングし外部磁界の磁化方向を切り換えて記録する光磁気ディスクの記録方法において、前記ディスクの一部に記録条件を最適化するための試し書き領域を有しており、少なくとも連続した2トラックを用いてテスト記録を行い、最初のトラックに記録した信号を再生し、この信号を評価することにより、ディスクの最適パワーを決定することを特徴とする光磁気ディスクの記録パワー制御方法。

【請求項2】 前記請求項1記載のパワー制御方法において、連続した3トラックを用いてその中心の1トラックに或る記録パワーで所定の信号を記録した後、このトラックに隣接する他の2トラックに同一の記録パワーで信号を記録し、最初に記録したトラックを再生し、このトラックの信号品質を評価し、以後、記録パワーを変えて同じ事を繰り返すことにより、最適な信号品質が得られる最適パワーを検出し、これにより試し書き領域以外のデータ記録領域での記録パワーを制御することを特徴とする光磁気ディスクの記録パワー制御方法。

【請求項3】 前記請求項1あるいは請求項2に記載の記録パワー制御方法において、信号の品質評価にエラーレートを用いたことを特徴とする光磁気ディスクの記録パワー制御方法。

【請求項4】 前記請求項1乃至請求項3に記載の記録パワー制御方法において、上記の試し書きの際、記録されたマークの記録密度を、試し書き領域以外で行うデータ記録での記録密度よりも高密度で行うことを特徴とした光磁気ディスクの記録パワー制御方法。

【請求項5】 前記請求項1乃至請求項4に記載記録パワー制御方法において、上記の試し書きの際、予め前記記録装置上には試し書き領域に関する情報と試し書きに関するアルゴリズムを有しており、このアルゴリズムに従って前記試し書きを行うことを特徴とする光磁気ディスクの記録パワー制御方法。

【請求項6】 レーザを定常的にディスク上に照射し、記録情報に応じて外部磁界をスイッチングして磁化の方向を切り換えて記録する磁界変調方式の記録パワー制御方法において、前記ディスク上には、アドレス情報も含めたデータを記録するデータ記録領域と、パワー制御のための試し書き領域とを備え、前記試し書き領域において磁界変調と光変調を組み合わせるその少なくとも2種類の長いマークと短いマークを記録し、そのDC成分がゼロとなる記録パワーを検出し、このゼロとなるパワーから予め決められた係数により最適パワーを換算し、前記データ記録領域ではこの最適パワーで記録を行うようパワー制御を行うことを特徴とした光磁気ディスクの記録パワー制御方法。

【請求項7】 前記請求項6に記載の記録パワー制御方法において、パワーを換算する係数が、前記ディスク上の所定領域に記録されており、これを読み込んで使用することを特徴とする光磁気ディスクの記録パワーの制御方法。

【請求項8】 前記請求項6記載の記録パワー制御方法において、前記短いマークのマークとスペースの長さが、トラックピッチと略一致するように記録することを特徴とする光磁気ディスクの記録パワー制御方法。

【請求項9】 前記請求項6乃至請求項8に記載の記録パワー制御方法において、再生時のディスク上の温度分布により、レーザスポット内の一部に磁気的なマスク効果を生じさせ、光学的な解像度以上のマークを再生可能にする超解像磁気超解像ディスクを用いて情報記録を行うことを特徴とする光磁気ディスクの記録記録パワーの制御方法。

【請求項10】 磁界変調領域で磁界変調記録する部分と、光変調領域で光変調を切り替える部分と、各領域での演算部とからなることを特徴とする光磁気ディスク装置。

【請求項11】 レーザを定常的に照射し、情報に応じて外部磁界をスイッチングし磁化の方向をスイッチングして記録する磁界変調方式の記録パワーの制御方法において、光磁気ディスクは、アドレス情報も含めたデータを記録するデータ記録領域と、パワー制御のための試し書き領域とからなり、前記試し書き領域において磁界変調と光変調を組み合わせ、少なくとも光変調方式により孤立波形記録し、この孤立波と磁界変調領域に記録された波形との間隔から、磁界変調記録時のマーク幅を算出し、マーク幅が略トラック幅となる記録パワーを最適記録パワーとし、データ記録領域において、この最適パワーを用いて前記光磁気ディスク上のデータ記録領域への記録を行うようパワーを制御することを特徴とする光磁気ディスクの記録パワー制御方法。

【請求項12】 前記請求項11に記載の記録パワー制御方法において、トラックピッチ Tp とし、マーク間隔 l とし、ビーム照射中心から信号中心の距離 x としたとき、 $x = Tp - l/2$ で表される関係となる時のパワーを最適パワーとすることを特徴とした光磁気ディスクの記録パワー制御方法。

【請求項13】 前記請求項11あるいは請求項12に記載の記録パワー制御方法を用いた光磁気ディスク装置であって、少なくとも、前記光変調による孤立マークと磁界変調のマークの位相差を検出する部分と、前記位相差からマークの幅を計算する部分と、この結果から最適パワーを求める部分と、このパワーをレーザにフィードバックする部分とからなることを特徴とする光磁気ディスク装置。

【請求項14】 レーザを定常的に照射し、記録情報に応じて外部磁界をスイッチングし磁化の方向をスイッチ

ングして記録する磁界変調方式の記録パワーの制御方法において、最初のトラックに所定の記録パワーで f の周波数を、隣接するトラックに同じパワーで $f + \Delta f$ なる周波数を記録し、最初のトラック上を再生することにより、両トラック間に発生する Δf を検出することをにより最適パワーを検出し、データ領域において最適パワーで記録することを特徴とした光磁気ディスクの記録パワー制御方法。

【請求項15】 前記請求項14に記載の記録パワー制御方法において、 Δf を f の100分の1以下とすることを特徴とする光磁気ディスクの記録パワーの制御方法。

【請求項16】 前記請求項14あるいは前記15に記載の記録パワーの制御方法による記録パワーの制御を行う機能を有する光磁気ディスク装置において、少なくとも、予め決められた所定の周波数 f の信号を発生する部分と、 $f + \Delta f$ の信号を発生する部分を有し、かつ、中心周波数 Δf のバンドパスフィルターを有することを特徴とする光磁気ディスク装置。

【請求項17】 レーザを光磁気ディスク上に定期的に照射し、記録情報に応じて外部磁界をスイッチングして磁化の方向を切り換えて記録する磁界変調方式の記録パワーの制御方法において、前記光磁気ディスクはアドレス情報も含めたデータを記録するデータ記録領域と、パワー制御のための試し書き領域とからなり、かつ、前記光磁気ディスクのトラックに沿った溝において、記録に使用するレーザの波長を λ とした場合、少なくとも前記溝の深さが $\lambda/6$ 以下であるようなトラックに沿った溝のあるディスクを用いて記録パワーの制御を行うことを特徴とする光磁気ディスクの記録パワーの制御方法。

【請求項18】 記録パワー制御のための試し書きを行った結果、最適パワーが存在しないディスクであることが判明した場合、そのむねをディスプレイに表示して記録を中断することを特徴とする光磁気ディスク装置。

【請求項19】 記録パワー制御のための試し書きを行った結果、最適パワーが存在しないディスクであることが判明した場合、現状の記録密度より低い記録密度で記録することを特徴とする光磁気ディスク装置。

【請求項20】 記録パワー制御のための試し書きを行った結果、隣接トラックからのクロストーク、クロスライトが問題であることが判明した場合、トラックを1本間隔として記録することを特徴とする光磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光磁気ディスクの情報記録方法に係り、特に、高密度記録を行なう場合に必要光磁気ディスクの記録パワー制御方法、及び、それにより情報の記録を行う光ディスク装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の光磁気ディスクの記録方法としては、光磁気ディスクに一定の磁界を加え、レーザパワーの強度をデータに従って変調する光変調記録と、レーザ光の強度を一定として、データに従って磁界の極性を反転する磁界変調記録方式との2種類の方式がある。さらに、後者の磁界変調記録方式においては、記録時に一定のレーザパワーを連続照射し、記録媒体の温度を上昇させ、磁界のみを反転させる連続レーザ照射磁界変調記録と、レーザパワーを一定パワーで連続照射するのではなく、間欠的に、すなわちパルス状に連続照射するレーザパルス照射磁界変調記録方式とがある。

【0003】 ところで、光磁気ディスクを用いる光磁気ディスク装置において、高密度記録を行なう場合には、装置本体の温度上昇や周囲温度の変化などにより、記録パワーに変動が生じ、これにより、記録マーク形成時における温度分布状態に変動が生じる。すなわち、この記録パワーの変動によれば、光磁気ディスク上に記録されるマークの大きさが変動し、最適記録状態から外れるいわゆる「ズレ」が生じてしまい、性能の劣化を生じることとなる。

【0004】 従来、かかる問題点に対応すべく、例えば、日本特許第25767521号特許公報に見られるように、光磁気ディスク上のテストエリアにおいて異なる幾つかのパワーで記録し、エラーレートにより最適状態を調べる方法、いわゆる試し書きによるパワー制御方法が既に知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記の従来技術に見られる試し書きを用いたパワー制御方法は、主に、レーザパワーの強度をデータに従って変調する上記の光変調記録を用いた場合について述べているものであり、この方法を磁界変調記録を用いた場合におけるパワーコントロールの方法については何ら検討されていない。

【0006】 これは、上記光変調記録と磁界変調記録とでは、その最適パワーを決定する要因が異なるためである。具体的には、光変調記録では記録パワーの変動により主として線密度方向の記録状態が変化するのに対し、磁界変調記録では、線密度方向の記録密度に対する制御が不要であり、むしろ、パワーによって主に変化する項目は記録幅であり、そのため、トラック密度方向の記録状態が重要になるためである。このことから、特に、従来のトラックピッチに余裕があるような条件下では、幅方向（トラック密度方向）を考慮したパワー制御は不要であり、このため、線方向の制御を必要とする光変調記録にいてのみ、その最適レーザパワー制御方法が検討されていたためである。

【0007】 しかしながら、近年においては、情報記憶媒体に対する記録密度の向上が強く要求されており、か

かる要求に伴って、トラックピッチを可能な限り狭めることにより記録密度の向上が図られているが、それに伴って、トラックピッチが限界付近まで近づいている。このように、トラックピッチが限界付近まで近づくとつれ、幅方向の制御なしでは、このトラック密度の高密度化が難しくなっている。

【0008】すなわち、これはトラック密度の高密度化に伴い、本来記録すべきトラックに隣接するトラックへも信号を記録してしまう、所謂、「クロスライト」という現象が生ずるためである。この現象が生ずると、隣接トラックに既に書かれている信号の一部が消去されるため、この部分でデータエラーが生ずることとなる。

【0009】また、上記の光変調記録では、信号の線密度方向のレベルを検知することにより最適レーザパワーを制御することができるが、しかしながら、特に、磁界変調記録においては、線密度方向の記録レベルは一定であり、これを検出できないという問題もあった。

【0010】そこで、本発明では、上記従来技術における問題点に鑑み、すなわち、トラック密度の高密度化に伴うトラック密度の高密度化に対応し、従来の線密度方向とは異なり、トラック幅方向における記録密度の高密度化に適した光磁気ディスクの記録パワー制御方法と、これを用いた光磁気ディスク装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために、本発明によれば、光磁気ディスク上の複数トラックに試し書きを行ない、この記録したトラック幅方向のマークの広がりを検出し、これにより隣接トラックへのクロスライトが無く、かつ、最も良い性能が得られる記録パワー（以後、これを「最適記録パワー」あるいは「最適パワー」と呼ぶ）を検出し、このパワーにより、記録を行う光磁気ディスクの記録パワー制御方法、及び、光磁気ディスク装置が提案される。

【0012】なお、上記の最適パワーの検出手段を以下に示す。

【0013】磁界変調記録において、トラック幅方向のマークの広がりを検出するため、隣接する複数のトラックに情報を記録することにより、その情報のエラーを測定し最適点をそのディスクおよび状態での最適パワーとする、また磁界変調記録での幅方向の最適値を見つけるために、磁界変調と、光変調を併用し、トラックピッチと同じ値を最短記録マーク長として記録した場合の光変調記録の最適パワーを、その媒体での最適記録パワーと定義する。

【0014】また、磁界変調では、記録パワーにより線記録方向のマークの位相がずれるため、この位相を検出しこのずれ量より、マークの幅方向の広がりを検出する。これにより最適パワー制御することが可能である。

【0015】以上の方法を用いることにより、最適パワ

ーを検出し、この値をレーザドライバーにフィードバックすることにより、最適パワーのフィードバックが可能になる。

【0016】より具体的には、本発明によれば、記録装置によりレーザビームをレンズを用いて微小領域に絞り込んでディスク上に定常的に照射し、前記レーザビームを照射している領域に、記録情報に応じて外部磁界をスイッチングし外部磁界の磁化方向を切り換えて記録する光磁気ディスクの記録方法において、前記ディスクの一部に記録条件を最適化するための試し書き領域を有しており、少なくとも連続した2トラックを用いてテスト記録を行い、最初のトラックに記録した信号を再生し、この信号を評価することにより、ディスクの最適パワーを決定する光磁気ディスクの記録パワー制御方法が提案される。

【0017】また、本発明によれば、レーザを定常的にディスク上に照射し、記録情報に応じて外部磁界をスイッチングして磁化の方向を切り換えて記録する磁界変調方式の記録パワー制御方法において、前記ディスク上には、アドレス情報も含めたデータを記録するデータ記録領域と、パワー制御のための試し書き領域とを備え、前記試し書き領域において磁界変調と光変調を組み合わせるその少なくとも2種類の長いマークと短いマークを記録し、そのDC成分がゼロとなる記録パワーを検出し、このゼロとなるパワーから予め決められた係数により最適パワーを換算し、前記データ記録領域ではこの最適パワーで記録を行うようパワー制御を行う光磁気ディスクの記録パワー制御方法が提案される。

【0018】また、本発明によれば、磁界変調領域で磁界変調記録する部分と、光変調領域で光変調を切り替える部分と、各領域での演算部とからなる光磁気ディスク装置が提案される。

【0019】さらに、本発明によれば、レーザを定常的に照射し、情報に応じて外部磁界をスイッチングし磁化の方向をスイッチングして記録する磁界変調方式の記録パワーの制御方法において、光磁気ディスクは、アドレス情報も含めたデータを記録するデータ記録領域と、パワー制御のための試し書き領域とからなり、前記試し書き領域において磁界変調と光変調を組み合わせ、少なくとも光変調方式により孤立波形記録し、この孤立波と磁界変調領域に記録された波形との間隔から、磁界変調記録時のマーク幅を算出し、マーク幅が略トラック幅となる記録パワーを最適記録パワーとし、データ記録領域において、この最適パワーを用いて前記光磁気ディスク上のデータ記録領域への記録を行うようパワーを制御する光磁気ディスクの記録パワー制御方法が提案される。

【0020】また、本発明によれば、レーザを定常的に照射し、記録情報に応じて外部磁界をスイッチングし磁化の方向をスイッチングして記録する磁界変調方式の記録パワーの制御方法において、最初のトラックに所定の

記録パワーで f の周波数を、隣接するトラックに同じパワーで $f+\Delta f$ なる周波数を記録し、最初のトラック上を再生することにより、両トラック間に発生する Δf を検出することをにより最適パワーを検出し、データ領域において最適パワーで記録する光磁気ディスクの記録パワー制御方法が提案される。

【0021】加えて、本発明によれば、レーザを光磁気ディスク上に定期的に照射し、記録情報に応じて外部磁界をスイッチングして磁化の方向を切り換えて記録する磁界変調方式の記録パワーの制御方法において、前記光磁気ディスクはアドレス情報も含めたデータを記録するデータ記録領域と、パワー制御のための試し書き領域とからなり、かつ、前記光磁気ディスクのトラックに沿った溝において、記録に使用するレーザの波長を λ とした場合、少なくとも前記溝の深さが $\lambda/6$ 以下であるようなトラックに沿った溝のあるディスクを用いて記録パワーの制御を行う光磁気ディスクの記録パワーの制御方法が提案される。

【0022】そして、本発明によれば、記録パワー制御のための試し書きを行なった結果、最適パワーが存在しないディスクであることが判明した場合、そのむねをディスプレイに表示して記録を中断する光磁気ディスク装置が提案される。

【0023】また、本発明によれば、記録パワー制御のための試し書きを行なった結果、最適パワーが存在しないディスクであることが判明した場合、現状の記録密度より低い記録密度で記録をする光磁気ディスク装置が提案される。

【0024】そして、本発明によれば、さらに、記録パワー制御のための試し書きを行なった結果、隣接トラックからのクロストーク、クロスライトが問題であることが判明した場合、トラックを1本間隔として記録する光磁気ディスク装置が提案される。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、添付の図面を参照して説明する。

【0026】まず最初に、本発明の記録パワー制御方法を理解し易く説明するため、この方法により情報が記録された状態の光磁気ディスクについて、図2及び図3を参照して説明する。なお、図1は、光磁気ディスク上のトラック上に、磁界変調記録により情報を記録したものである。

【0027】まず、光磁気ディスク上には、初期化された状態で、中央のトラック（この場合には、Bトラック）に信号を記録する。なお、ここで記録される信号は、ある決ったランダムデータパターンであり、その符号はNRZ信号である。また、本実施の形態では、レーザパルス磁界変調記録を用いており、磁界はデータに対応して極性反転し、レーザはクロックに同期して連続的にパルス状に照射される。この時のレーザパルスの照射

パワーを $P1$ とする。

【0028】次に、隣接する同トラックに情報を記録する。上記図1では、AトラックとCトラックがこれに該当する。なお、この時の記録のコードは、上記Bトラックと同じNRZのランダム信号であるが、そのパターンは各トラックとも異なっている。また、レーザの照射パワーは、上記Bトラックに記録したパワーと同じ $P1$ である。

【0029】上記に示したように、これら3トラックが書かれた状態で、最初に記録したトラックBを再生し、この信号を評価する。なお、信号の評価にはエラーレートを用いた。

【0030】次に、実際の光磁気ディスク上の記録パターンについて図3を用いて示す。

【0031】ここでは、セクター毎（円周上に8個のセクターを形成）に記録パワーを変えて情報を記録した（4mW～11mW）。まず、所定の記録領域を初期化後、セクター毎に記録パワーを変えて、上記のように、連続する3トラックに情報を記録する。このとき、上記の通り、最初の1トラックに情報を記録し、その後、その隣接するトラックに情報を記録する。なお、この時の記録パワーは3トラックとも同じパワーで行い、かつ、セクター毎にはそれぞれ異なっている。

【0032】続いて、上記のように、セクター毎にそれぞれ異なる記録パワーで記録した情報から、最適記録パワーを選択するためのアルゴリズムを、添付の図3を用いて示す。本アルゴリズムにおいては、記録・再生に関する動作のみを記載してある。すなわち、一般的な光ディスクでの動作、例えば、フォーカス、トラッキングサーボ等の動作については記載していない。

【0033】まず、図示しないが、光磁気ディスク上の所定の記録領域を初期化する。この時には、許容される最大のパワーで一方向に磁界を印加して記録する。次に、トラック1周に対し、中心トラックに、各セクターごとに記録パワーを変えて記録する（ステップS11）。なお、本実施の形態では、記録パワーを順次上げるか、または、下げるかの何れかの方法で記録している。これらの各セクター間では、この記録パワーが異なる以外には、同じ条件で記録が行われている。すなわち、印加磁界、記録周波数、記録パターン等はすべて同じである。

【0034】続いて、各信号のレベルを記録し（ステップS12）、次に、隣接する2トラックに情報を記録する（ステップS13）。この時の記録パワーは、3トラックとも同じパワーである。次に、最初に記録した中央のトラックBに戻り、この信号を再生する（ステップS14）。なお、ここでは、記録されるパターンは、3トラックとも異なるランダムパターンであり、かつ、セクター毎には同じパターンである。

【0035】次に、再生は中央のトラックを再生し、各

セクターでの評価を行う。この時エラーレートを測定し各セクターでのエラーを測定する。すなわち、この時のレベルと前の信号レベルを比較する(ステップS15)。さらに、エラーが所定以下のパワーを許容パワーとし、最もエラーが少ないパワーを最適パワーと決定、すなわち、レベル変動のない記録パワーのうち、最も大きなものを最適パワーとする(ステップS16)。

【0036】次に、図4には、上記により、実際のエラーレートを測定した結果の一例をしめす。このグラフの横軸にはセクター番号と記録パワーを示し、その縦軸にはエラーレートを示す。この実施の形態では、グラフからも明らかなように、記録パワーとしては6mWから10mWの間の範囲で許容され、そして、記録パワー8mWが最も良好な状態であり、最適記録パワーは8mWであるといえることができる。

【0037】図5には、上記の本発明になる記録パワー制御方法を原理的に示すため、光磁気ディスク上に記録パワーを変えながらトラックA、B上にパターンを形成した場合の状態が示されている。

【0038】記録パワーが小さい場合には、図5(a)に示すように、隣接トラック(トラックAとB)に影響は及ぼさない代わりに、記録マークの幅も小さくなり、これでは、十分な信号レベルが得られない。このため、エラーレートは低い。

【0039】次に、記録パワーが上がって最適記録パワーとなると、隣接トラックに影響を及ぼさない範囲で、マーク幅が最大となる。この時、信号レベルも最も大きくなり、エラーレートも最も良好となる。

【0040】さらに、記録パワーが大きくなると、隣接トラックへの記録、いわゆるクロスライト現象が発生し、隣接するトラック上に記録された信号により本来の信号が消されてしまうと同時に、余分な信号を読み込むため、エラーレートが著しく低下するようになる。

【0041】次に、図1には、上記に説明した本発明の記録パワー制御方法により光磁気ディスク上に情報記録を行う光磁気ディスク装置の構成を示す。

【0042】本装置は、光磁気ディスク1、スピンドルモータ2、磁界変調用磁気ヘッド3、ピックアップ4、及び、周辺回路から構成される。

【0043】かかる構成において、パワー制御を行なう場合には、決まったパターンを記録するため専用のパターンをテストパターン発生回路32にて発生させる。なお、本実施の形態では、その一例として、例えば、1-7変調によるパターンを用いた。このテストパターン発生回路32にて発生させたパターンは、磁気ヘッド駆動回路31により変調され、上記磁気ヘッド3に変調信号として送られ、これにより、パターンが記録される。なお、この時の記録のクロックは、クリスタル(XT)42により発生される基準信号より、クロック生成回路54を通して形成される。このクロック生成回路54は、

例えば、2値化回路、分局回路、てい倍回路、PLL等の回路から構成され、また、再生時のクロック再生もこれにより行なわれる。また、本実施の形態では、記録には外部クロックを使用しているが、これに代え、予めディスクに埋め込まれたクロックマークによりクロックを作るようにしてもよく、この場合にも、上記と全く同じである。同時に、レーザパルス生成回路44では、このクロック生成回路54からの上記クロックに同期しながら所定のパルスに変換し、その信号によりレーザ駆動回路43を介して上記ピックアップ4のレーザ46を駆動し、レーザ発光する。

【0044】このように、磁気変調とレーザ発光とにより、記録媒体である光磁気ディスク1上に、まず1本目(最初)のトラックを記録し、次に、隣接する1または2本のトラックを記録し、最後に、上記最初のトラックの記録信号を再生する。この場合、当然、隣接トラックに記録するパターンは最初のものとは異なるパターンを記録する。

【0045】次に、上記の光磁気ディスク装置の構成において、再生信号は、上記ピックアップ4により再生され、プリアンプ45及び再生回路51を通して得られる。なお、この再生時には、セルフクロックによりクロックが生成される。すなわち、再生時には、このセルフクロックを基準として、上記テストパターン発生回路32で発生されたパターンと、上記ピックアップ4を介してテストパターン検出回路52で検出された信号とを、テストパターン比較回路53により比較を行ない、さらに、その比較結果に基づいてエラー検出部61でエラーを検出する。すなわち、このエラー検出部61からの出力により最適パワーを求める。

【0046】ここで、上記に示した実施の形態では、上記光磁気ディスク1上に記録される記録マークは、通常のマークで記録されたものと同じ密度で記録している。このとき、通常の記録密度よりも高い密度でデータを記録することにより、最適パワーを容易に見つけることができる。

【0047】図7のグラフには、この時の最適状態での記録ビット長とエラーレートとの関係を示す。すなわち、この例では、データの記録密度が0.4 μ mであるのに対し、パワー校正用の領域の密度は0.35 μ mを使用した。これにより、エラーレートが通常よりも大きく出るため、最適パワーの判定が容易となる。また、図8にはデータと同じ0.4 μ mを使用した場合と、0.35 μ mの場合での記録パワーに対するエラーレートの変化の比較を示す。

【0048】本実施の形態になる光磁気ディスク装置においては、複数トラックの試し書きを行なった結果、最適記録状態でもエラーレートが所定の値(この場合には、1E-4)以下に下らない場合には、本装置を制御するパソコン(図示せず)の画面上に、挿入されてい

るディスクが不良であることを表示し、記録動作を中止する。なお、この時、やむおえず一時的に記録する場合には、そのトラック方向の記録密度を落として記録するようにしてもよい。例えば、通常 $0.4\mu\text{m}$ のマークを用いる場合でも、クロックを2/3倍の周波数とし、 $0.6\mu\text{m}$ のマークで記録を行なう。即ち、この場合にはこのシステムで使い続けることはできないが、しかしながら、一時的な記録のためとしての使用はできる。また、エラーレートの下下の原因が、クロストーク、クロスライトなどであると判断される場合ならば、トラックを1本おきの間隔で使用するにより、見かけ上のトラックピッチが2倍となり、かかるクロストークやクロスライトの問題を回避できる。

【0049】また、上記試し書きにおける記録パターンについても、完全なランダムパターンではなく、むしろ、エラーが出やすいパターンを用いることが好ましい。例えば、上記でも述べたNRZIを用いた場合には、1T信号、あるいは、10T以上の長いマークの場合がエラーが生じ易い。また、上記1-7変調の場合には、最短マーク2Tのマーク/スペースの繰り返し、及び、最長マーク8Tとの2T/8T、8T/2Tの繰り返しである。これらの信号の繰り返し、または、ランダム信号にこれらの特殊パターンを増加させることにより、パワーによるエラーレートの差を検出し易くなる。なお、これらのパターンは、変調方式により異なるものであり、一定パターンではない。

【0050】以上のように、本実施の形態によれば、特に、トラックピッチを高密度で記録するための条件である最適記録条件を容易に見出すことができ、従って、光磁気ディスク装置における磁界変調記録のパワー制御方法に有効である。

【0051】次に、本発明の第2の実施の形態として、磁界変調法と光変調法とを組み合わせて用いた場合における最適パワーの制御方法について説明する。

【0052】図9は、磁界変調領域に光変調領域を設け、この部分でパワー制御を行う本発明の原理を示したものであり、この図に示す磁界変調記録モード領域(図9(a))では、ビームスポット径に対して十分長いマークを形成する。一方、光変調モード領域(図9(b))では、短パルスにより光変調マークを記録する。なお、この時のマーク長及びマーク間隔は、トラックピッチに相当するマーク間隔にできるだけ近い条件とする。

【0053】このようなパターンをある記録条件の下で記録すると、長マークの中心レベルと、短マークの中心レベルとが一致する条件が存在する(図9(c)及び(d))。これはすなわち、短マークのマークとスペースの間隔とが一致した場合であり、換言すれば、トラックピッチ(Tp)に相当するマーク幅の短マークが書かれた場合である。従って、このような条件が、理想的に

は最適記録パワーとなる。

【0054】これに対して、もしパワーが低く、形成される短マークが小さい場合(図9(e))には、再生出力における長短マークの中心値の差、すなわち、 Δx が図9(f)のように負となり、一方、これとは逆に、パワーが大きい場合(図9(g))には、上記 Δx が正の値となる。従って、 Δx のゼロクロスする時のパワーが最適パワーになる(図9(d))。

【0055】ところで、実際には、記録条件等により、このゼロクロス位置が最適パワーから外れるので、補正をする必要がある。なお、この補正は、記録する光磁気ディスクのディスクの特性、線速度、記録周波数、パルス幅等の条件が固定されれば一定値となる。そのため、ディスクごとに補正条件を決める等の手段により、正確なパワー制御が可能となる。

【0056】図10には、上記第2の実施の形態になる最適パワーの制御方法により光磁気ディスク上に情報記録を行う光磁気ディスク装置の構成がブロック図で示される。なお、この実施の形態になる光磁気ディスク装置も、図からも明らかなように、そのブロック構成は、上記第1の実施の形態とほぼ同じ構成要素により構成されている。

【0057】なお、この実施の形態の場合には、上記の実施の形態とは異なり、ディスク上への書き込みにおける最適レーザパワーの制御を、読み出した信号のエラーレートを検出して行なうわけではない。そのため、テストパターン検出部52では、上記テストパターン発生回路32からのテストパターンを検出した後、この信号の Δx を求め、ゼロクロス検出部71にて、各記録パワーの Δx 値からゼロクロスパワーの検出を行う。さらに、必要により、補正係数メモリー72内の補正係数を用い、最適パワー検出部70にてこの補正を行なう。なお、この補正係数は、予めドライブが有する場合もあれば、あるいは、ディスクの情報として予めディスク上に記録されている場合もある。例えば、この補正係数が予めディスクに記録されている場合には、最初にディスク情報を読み込む際に、同時に読み込むこととなる。

【0058】なお、このことを説明するため、上記実施の形態における記録レーザパワー(Rec. Power)と、これによるエラーレート(Error Rate)と、ゼロクロス情報(Δx)との関係を、図11及び図12に示しながら説明する。なお、この例に使用したディスクは、所謂、磁気超解像効果を有するディスクである。

【0059】この磁気超解像ディスクは、ビームスポット内に生ずる温度分布を利用し、この温度分布により引き起こされる磁気的な効果によりスポットの一部をマスクし、見かけ上スポットが小さくなり、これにより、解像度を向上するものである。このように、この磁気超解像ディスクでは、再生時にビームスポット内の温度分布

を利用するため、再生パワー ($P_r = 3.5 \text{ mW}$ 、 3.0 mW 、 2.5 mW 、 2.0 mW) により温度分布が変化し、その結果マスクが変化し、解像度が変化してしまうという問題点がある。このため、記録条件を決定する再にも、この再生パワーによる信号品質の違いが問題になる。そのため、図11のグラフにおいて、そのゼロクロス情報 (Δx) がゼロになっても (この時の記録レーザーパワー (Rec. Power) は、約 13.5 mW)、エラーレートは最小とはならず、さらに、この記録レーザーパワーを増大することによってエラーレート (Error Rate) を低下させ得る (記録レーザーパワー $= 15 \text{ mW}$ でエラーレートが最小) ことが分かる。

【0060】これに対し、上記の実施の形態によれば、図12に見られるように、かかる磁気超解像ディスクを用いて、その再生パワーを変化させた場合でもゼロクロスパワー (Δx) には変化が見られず1本の特性が得られ、従って、最適記録パワーを求める際にも、上記の再生パワーを考慮する必要がなくなることが分かる。また、図12にも明らかなように、このゼロクロスパワー (Δx) の値がゼロとなる記録レーザーパワーでの第1トラック目 (1 Track) と第3トラック目 (3 Track) でのエラーレートの値も最小になっていることが分かる。すなわち、ゼロクロスパワー (Δx) の値がゼロになる時の記録パワー、この場合は記録パワー 15 mW が、求める最適パワーとなる。

【0061】なお、上記の補正情報が演算上の係数の場合のみではなく、記録条件であっても可能である。すなわち、この補正情報が、例えばパルス幅を変えるような情報である場合、これに従いパルス幅を変更することにより、図12で示すようにゼロクロスパワーが最適パワーとなるような条件で記録パワーの制御を行なうこともできる。このように記録条件を変更する場合にはクロックの周波数、パルス幅、パルスの個数を変えることにより最適パワーを導くことができる。

【0062】上記のように、本発明の第2の実施の形態によれば、ゼロクロスパワーを見つけ、あるいは、必要に応じて、これにあらかじめ決められた係数で換算することにより、記録信号の再生によるエラーレートを求めることなく、最適パワーを求めることができる。そのため、この実施の形態になる光磁気ディスク装置は、特に、磁気超解像ディスクを用いた場合にも、その再生パワーに依存せずゼロクロスパワーを求められる効果がある。

【0063】さらに、本発明の第3の実施の形態について、図13を用いて説明する。本例では、記録信号の再生によるエラーレートから最適パワーを求めるものでなく、特に、上記第2の実施の形態で用いたような光変調領域における孤立マークの中心を基準にした時、再生信号に生ずる位相差を検出することによりマークの幅の広

がりを含め、これに基づいてピッチ方向における記録密度を最大にする最適パワーを求めるものである。

【0064】図13(a)に示すレーザパルスにより光磁気ディスク上に形成されるマークについて考慮すると、ビーム照射中心に対する信号中心のずれ Δ は、一発のレーザで記録されるマークの半径を r とすると、 $\Delta = r - l/2$ で示される。そして、このマークがトラックピッチ、もしくは、溝幅 W に等しくなった時には、 $r = W$ である。なお、この時のマーク幅 Mw はパワー p により変化する。従って、 $Mw(p) = W - l/2$ となるパワーが最適条件である。そして、この図からも明らかなように、特に、連続するレーザパルスにより形成されるマーク (図の左側) と単独のレーザパルスにより形成されるマーク (図の右側) との間の距離 D には、レーザで記録されるマークの半径の大きさによって変化する遅延量 (位相のずれ) が発生することが分かる。

【0065】なお、以下にも説明するが、この方式を実際の光磁気ディスク装置に適用する場合には、記録パワーを変え、その遅延量 (位相のずれ) を求めることにより実現することが出来る。この実施の形態において、再生信号の信号波形により得られる遅延量 (位相のずれ) を図14に示す。

【0066】さらに、上記実施の形態になる記録パワー制御方法を実現する光磁気ディスク装置の回路構成を図15に示す。

【0067】この実施の形態になる光磁気ディスク装置においては、上記光ピックアップ4からプリアンプ45、再生回路5.1を介して得られる出力波形を、デジタルデータとして、テストパターンメモリ回路81に取り込む。このことにより、取り込まれた2つの信号におけるピークを比較し、その間の時間量からピークのずれを位相検出演算回路80により検出して遅延量 (位相のずれ) を求める。

【0068】更に、第4の実施の形態における動作原理について、図16によりこれを示す。

【0069】図にも明らかなように、この実施の形態においては、隣接トラックでわずかに周波数が異なる (上下のトラックにおける振幅の大小) 場合、これらの差によるビート周波数が発生する原理を利用したものであり、これにより、隣接トラックに影響しない範囲で最大のピッチ幅になるように記録パワーを制御しようとするものである。

【0070】より具体的には、この制御方法によれば、この隣接トラックでのビート周波数を抽出し検出することにより、隣接トラックからのクロストーク、及び、隣接トラックへのクロスライトを検出する。さらに、図17には、その実際の検出波形が示されており、この実際の記録周波数は 5 MHz 程度であるが、ビートの発生する周波数は 100 kHz 程度である。すなわち、この図17にはRF信号のエンベロープが示されている。

【0071】さらに、図18には、上記記録パワー（Rec. Power）に対し、ビート信号（Beet）のレベルと、実際のデータにおけるエラーレート（Error rate）との関係を示している。図のグラフからも明らかなように、ビート信号（Beet）が検出できるレベルでは（記録パワーとしては、約7mW以上）、クロスライトにより信号品質が劣化しており、そのため、エラーレートも上昇している。なお、グラフからも明らかなように、第1トラック（1Track）と第2トラック（2Track）の再生信号におけるエラーレート（記号口と点による曲線）が最小値になる記録パワーの最大値（約7mW）と、ビート信号（Beet）が出現する直前における記録パワーの値（約7mW）は、ほぼ一致している。

【0072】このことを利用して記録パワーを上記最適記録パワーに制御する記録パワー制御方法を採用してなる光磁気ディスク装置の回路構成が、図19に示される。すなわち、この実施の形態では、光磁気ディスクに記録した信号を読み取る光ピックアップから、プリアンブ45、再生回路51を介して得られる再生信号の一部を、バンドパスフィルター91を使用して抜き取り、そのビートのレベルを検出し、さらに、最適パワー検出部90により、記録パワーとの関係から最適記録パワーを導き出す。

【0073】さらに、上記の実施の形態において用いられたディスクは、溝深さ $\lambda/8$ 以下の浅い溝のディスクである。浅い溝を用いた場合には、図20に示すように、 $\lambda/4$ の深い溝に比べ、最適パワーでのエラーレートが低く、その反面、記録パワー変動に対するエラーレートの変化が大きく、記録パワーのマージンが小さいと言える。これは、記録時の熱が拡散し易く、そのため、隣接トラックへ影響を与え易いためと考えられる。従って、浅い溝のディスクでは、特に、その最適パワーの検出・制御が重要な課題となり、本発明による最適パワーの検出及びパワー制御プロセスが有効となる。

【0074】実際のデータの記録は、光磁気ディスク上のデータ記録領域で行うが、上記本発明の記録パワーの制御を行う場合には、光磁気ディスク上に特別に設けられた試し書き領域を利用して実施することも可能である。なお、この試し書き領域は、通常、光磁気ディスク上の少なくとも1個所にあり、複数のトラックから形成されている。また、かかるディスクの記録モードには、線速度一定方式に加え、回転数一定のいわゆるCAV方式があるが、この方式では線速度によって記録条件が異なるため、内周及び外周にそれぞれ試し書き領域を設け、少なくともこの2個所で試し書きを行うことにより、線速度の違いによる最適パワーの違いを吸収するようにしてもよい。

【0075】また、記録容量を大きくするためにディスクを複数のゾーンに分割し、これら分割したゾーンごと

に記録条件を異ならせる、所謂、ゾーンCAVなどの方法がある。このように、ディスクが複数のゾーンに分割された場合には、これら分割された各ゾーン毎に記録パワーの制御を行う必要があり、そのため、本発明を適用するためには、これら複数の各ゾーンの先頭に上記の試し書き領域を設けることにより、最適パワーの制御を行うことが可能である。

【0076】また、上記した本発明の光磁気ディスクの記録パワー制御方法を実行するために必要となる上記試し書きは、これを随時行うだけではなく、少なくとも電源投入後のディスクの挿入直後に行うようにすることも可能であることは勿論であり、さらに、環境温度の変化などによる変動を考慮して所定の時間経過後に自動的にこれを実行するようにすることも可能である。

【0077】

【発明の効果】本発明の光磁気ディスクの記録パワー制御方法及び光磁気ディスク装置によれば、磁界変調記録において、幅方向の広がりを検出し最適パワーをもとめ、これにより最適記録条件で記録を行うため、高密度記録において、レーザや媒体のばらつきにより生ずる感度変動、周囲の温度変化などによる記録条件の変化等にも対応でき、つねに高密度記録を安定に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光磁気ディスクの記録パワー制御方法を実施する第1の実施の形態になる光磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。

【図2】上記第1の実施の形態になる光磁気ディスク装置による記録パターンを示す図である。

【図3】上記第1の実施の形態になる光磁気ディスク装置における記録パワーを説明する図である。

【図4】上記第1の実施の形態である光磁気ディスク装置における記録のフローを示すフローチャート図である。

【図5】上記第1の実施の形態である光磁気ディスク装置における記録パワーとエラーレートの関係を示す図である。

【図6】上記第1の実施の形態である光磁気ディスク装置におけるパワーと記録マークの関係の説明図である。

【図7】上記第1の実施の形態である光磁気ディスク装置における記録マークとエラーレートの関係を示す図である。

【図8】上記において記録密度が異なる場合の記録パワーに対するエラーレートの関係を示す図である。

【図9】本発明による第2の実施の形態による光磁気ディスクの記録パワー制御方法による記録パターンを説明する図である。

【図10】上記第2の実施の形態になる光磁気ディスクの構成を示すブロック図である。

【図11】上記第2の実施の形態における記録パワーと

ゼロクロスの関係を示す図である。

【図12】上記第2の実施の形態における測定データを示す図である。

【図13】本発明による第3の実施の形態による記録パターンを示す図である。

【図14】上記第3の実施の形態における実際の信号波形を示す図である。

【図15】上記第3の実施の形態になる光磁気ディスクの構成を示すブロック図である。

【図16】本発明による第4の実施の形態による記録パターンを示す図である。

【図17】上記第4の実施の形態における信号波形を示す図である。

【図18】上記第4の実施の形態における測定データを示す図である。

【図19】上記第4の実施の形態になる光磁気ディスクの構成を示すブロック図である。

【図20】上記第4の実施の形態における溝深さとエラーレートの関係を示す図である。

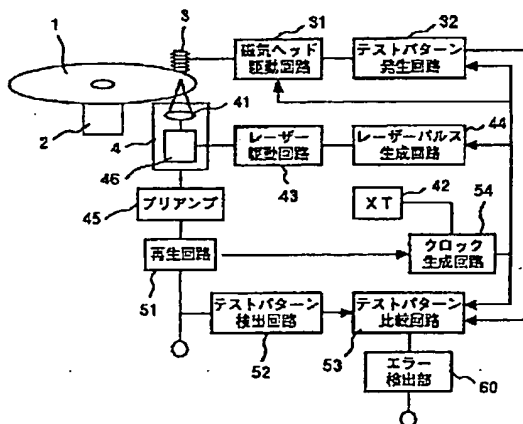
【符号の説明】

- 1 光磁気ディスク
- 2 スピンドルモータ

- 3 磁気ヘッド
- 4 光ピックアップ
- 31 磁気ヘッド駆動回路
- 32 テストパターン発生回路
- 41 対物レンズ
- 42 クリスタル
- 43 レーザ駆動回路
- 44 レーザパルス生成回路
- 45 プリアンプ
- 51 再生回路
- 53 テストパターン比較回路
- 54 クロック生成回路
- 55 テストパターン比較回路
- 60 エラー検出部
- 70 最適パワー検出
- 71 ゼロクロス検出
- 72 補正係数
- 80 位相検出演算回路
- 81 テストパターンメモリ回路
- 90 最適パワー検出
- 91 バンドパスフィルタ

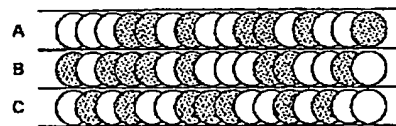
【図1】

図 1



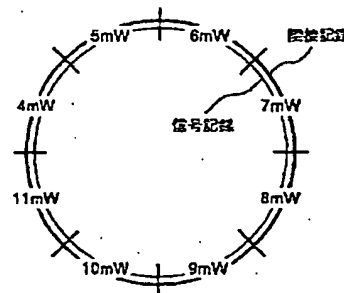
【図2】

図 2



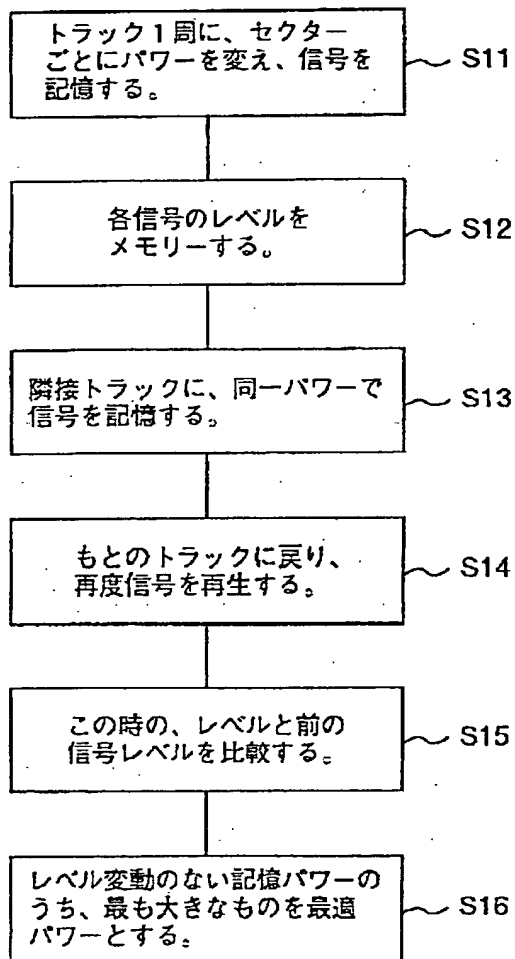
【図3】

図 3



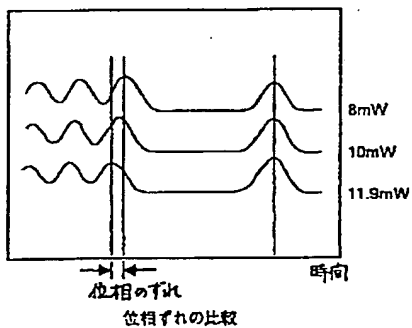
【図4】

図 4



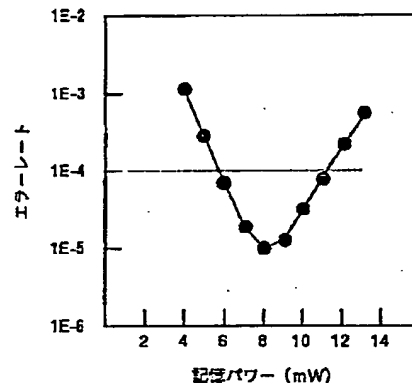
【図14】

図 14



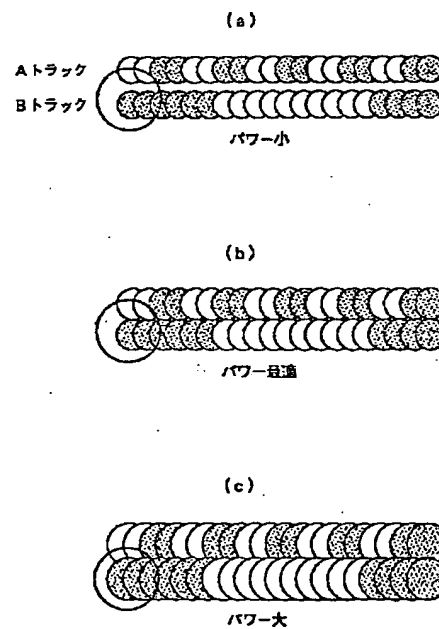
【図5】

図 5



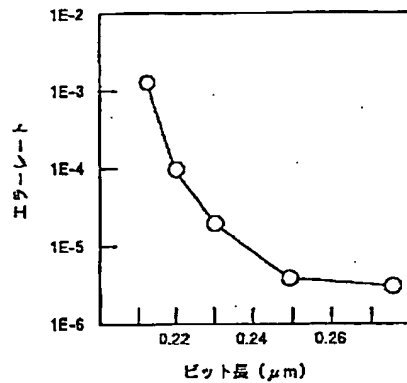
【図6】

図 6



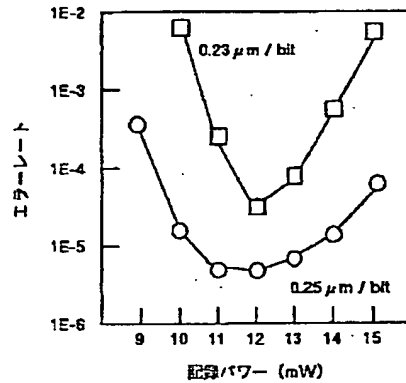
【図7】

図 7



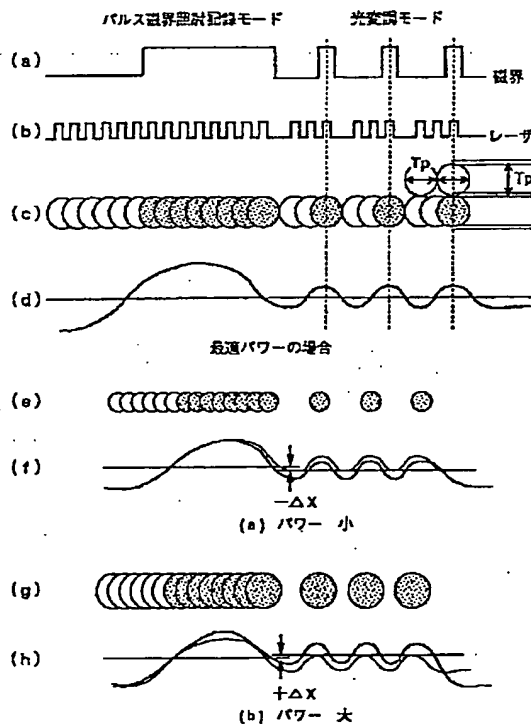
【図8】

図 8



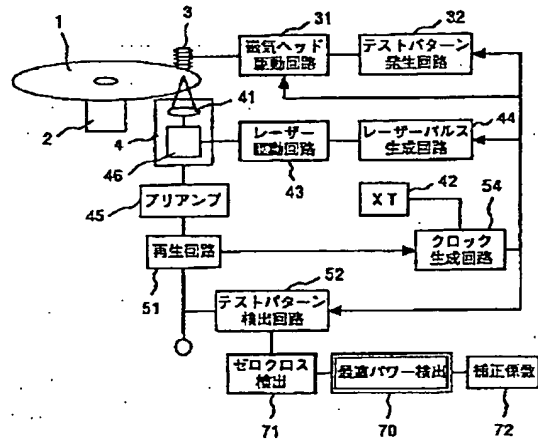
【図9】

図 9



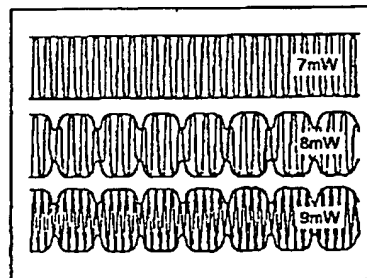
【図10】

図 10



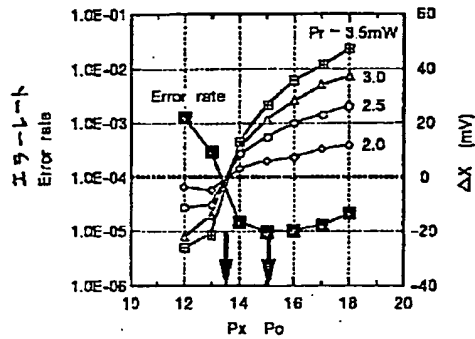
【図17】

図 17



【図11】

図 11

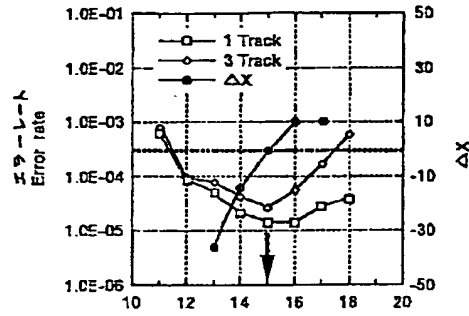


Power (mW) 記録レーザーパワー

Rec. Power vs Error Rate

【図12】

図 12

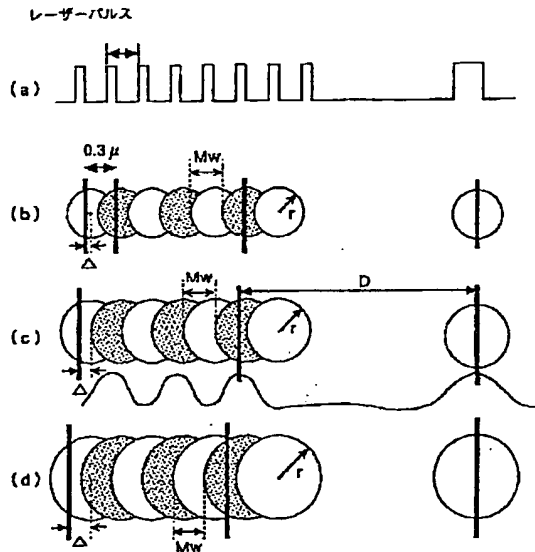


Power 記録レーザーパワー

Rec. Power vs Error Rate

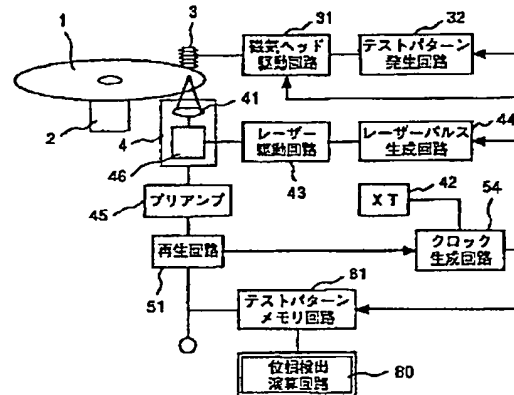
【図13】

図 13



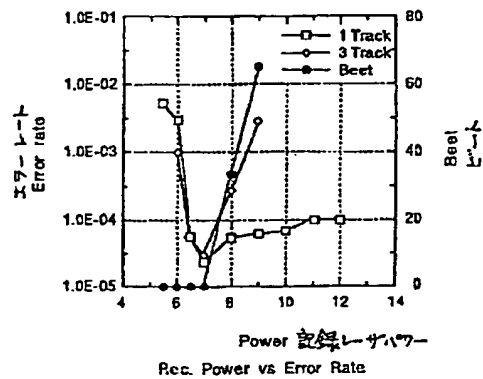
【図15】

図 15



【図18】

図 18

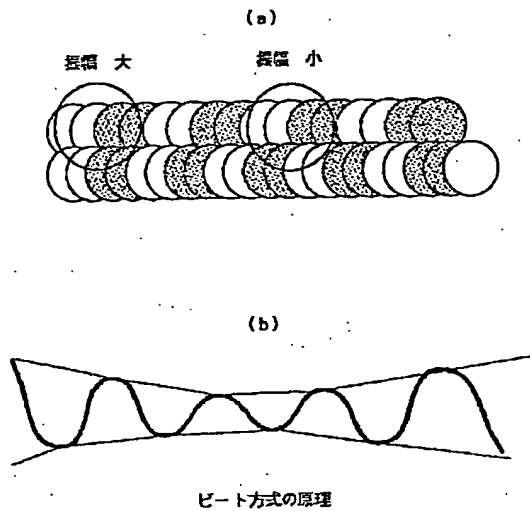


Power 記録レーザーパワー

Rec. Power vs Error Rate

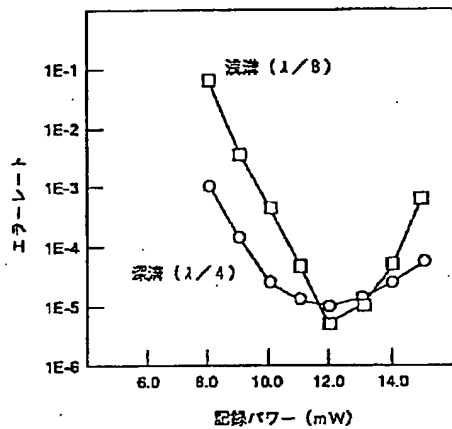
【図16】

図 16



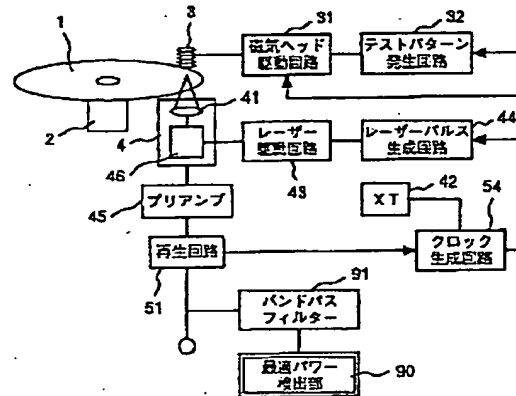
【図20】

図 20



【図19】

図 19



フロントページの続き

(72)発明者 田中 靖人
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
 会社日立製作所マルチメディアシステム開
 発本部内

(72)発明者 前田 武志
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
 会社日立製作所マルチメディアシステム開
 発本部内

(72)発明者 渡辺 均
 大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ
 クセル株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.